

EL PLAN DEL ESTADO DE VERACRUZ (MÉXICO) ANTE EL CAMBIO CLIMÁTICO. PARTE III: INVENTARIO Y ESCENARIOS DE EMISIONES

Carlos Manuel WELSH RODRÍGUEZ¹, Luis RODRÍGUEZ VIQUEIRA², Sarai GUZMÁN ROJAS¹, Berenice TAPIA SANTOS³.

¹Centro de Ciencias de la Tierra de la Universidad Veracruzana.

²Instituto de Ingeniería Universidad Nacional Autónoma de México.

³Grupo de Climatología Aplicada de la Universidad Veracruzana. Zona Universitaria.
cwelsh@uv.mx

RESUMEN

El desarrollo de un inventario de emisiones que identifique y cuantifique las principales fuentes y sumideros de gases de efecto invernadero (GEI) de un país e inclusive de una región, es básico para cualquier estudio sobre cambio climático, así como para desarrollar programas políticos específicos que permitan conservar y hasta mejorar la calidad del medioambiente atmosférico, y quizás incorporarse a mecanismos internacionales como el mercado de emisiones. Sin embargo para ello es necesario aplicar una metodología estándar que permita conocer el nivel de incertidumbre que arrojan las estimaciones, pero mejor aún poder comparar entre regiones y países dichos cálculos, por ello se utilizó la metodología propuesta por el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (PICC) que permitió desarrollar una primera aproximación a un inventario de GEI en el estado de Veracruz.

Entre los factores que favorecen un incremento drástico en las emisiones de GEI está el rápido crecimiento industrial y de las zonas urbanas así como la deforestación, que han ocasionado que la concentración de GEI en Veracruz aumente entre 1990 y 2005 el 180% al 400% según del GEI que se trate. Las emisiones estimadas en equivalentes de bióxido de carbono representan cerca del 5% reportado en el inventario nacional para 2002 (provenientes de la generación de energía, agricultura y ganadería, únicos sectores con datos adecuados y de calidad), dentro del Plan Estatal de Acción Climática.

Palabras clave: GEI, inventario, escenarios.

ABSTRACT

A country or regional inventory of emissions for accountability and identify the sinks and sources of greenhouses gasses (GHG) is the basis for a climate change study, and for political action plan to preserve or improve air quality, also for get in touch with emissions markets, however its necessary use an standard methodology to compare between regions with the minimum uncertainty level, that's why the IPCC propose a methodological approach that was use in Veracruz first GHG inventory effort.

The GHG emissions rate is due to fast industrial and urban growth, as deforestation that produces an increase in the concentration of GHG in a decade, since 1990 to 2002 the emissions rate growth almost 400%. In 2002 the emissions from power sector and farming represents the 5% of total national.

Key words: GHG, inventory, scenarios.

1. INTRODUCCIÓN

En México se cuenta con los inventarios nacionales de emisiones de GEI de 1990, 1994 al 1998 y actualmente se encuentra con la actualización de 1990 al 2002, publicados por el Instituto Nacional de Ecología de la SEMARNAT, incluyen GEI directos: bióxido de carbono, metano, óxido nitroso, hidrofluorocarbonos, perfluorocarbonos y hexafluoruro de azufre e indirectos (que contribuyen a la formación atmosférica de Ozono): monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, los bióxido de azufre y compuestos orgánicos volátiles no-metano. A nivel regional México solo cuenta con el inventario de GEI para la zona metropolitana de la ciudad de México (ZMCM).

La realización de un inventario a nivel regional, nacional e internacional, permite identificar aquellas actividades que más contribuyen a las emisiones de gases de efecto invernadero, permitiendo con ello concentrar los esfuerzos en estas actividades para una mejores estimación e instrumentar así posibles estrategias de mitigación factibles de realizar y con un costo beneficio. El hacerlo de manera sistemática y consistente permitirá adoptar políticas y tecnologías para la reducción de emisiones.

No existe un inventario de emisiones en Veracruz; las pocas campañas de medición que se han realizado han sido en centros urbanos, pero no ha sido posible acceder a los datos ahí obtenidos; tampoco se ha diseñado una política pública que sugiera la necesidad de contar con información al respecto. A pesar de ello, por las condiciones geográficas de Veracruz el impacto potencial de algunos de los efectos del cambio climático global tendrían un impacto alto que transformaría el estado de Veracruz en un corto plazo.

El territorio que ocupa el estado de Veracruz consiste en una franja que se extiende, a lo largo del litoral del Golfo de México por el este y que por el oeste se recuesta sobre la Sierra Madre Oriental. Se localiza entre los paralelos 17°10' y 23°38' de latitud norte y entre los meridianos 93° y 99° de longitud oeste. El estado de Veracruz es muy diverso en relieve, climas, suelos y tipos de vegetación, por lo que ofrece diferentes y múltiples hábitat; pero aunque muchos de estos componentes resulten favorables, hay zonas tan poco conservadas que no vale la pena buscar plantas en ella (Giddings 1998).

El estado de Veracruz comprende una superficie de 72 815 km², equivalente al 3,7 % del territorio nacional. Ocupa el décimo primer lugar entre los de mayor extensión territorial y el cuarto en población en la República Mexicana (INEGI 2002).

Veracruz tiene una situación estratégica en México. Por un lado tiene una frontera natural con la Sierra Madre Oriental y con el Golfo de México, lo que permite contar con bosques tropicales, bosques de montaña, selvas, esteros, arrecifes, y una biodiversidad de las más ricas de América; todos ellos espacios propicios para la captura de carbono.

De acuerdo a la SEMARNAP el 35% de los recursos hídricos del país se encuentran en el estado de Veracruz (INEGI 2002), lo que ha permitido asociar el recurso a la generación de energía hidroeléctrica.

El grupo de Cambio Global del Centro de Ciencias de la Tierra de la Universidad Veracruzana (UV) es responsable del primer inventario de emisiones de GEI del estado de Veracruz. La colaboración de organismos públicos para facilitar datos permitió generar información; Secretaría de Finanzas y Planeación (SEFIPLAN), Secretaria de Desarrollo Agropecuario y

Pesquero (SEDARPA), Secretaria de Gobierno (SEGOB) todos ellos del Gobierno de Veracruz, y el Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI) entre muchos más.

El Panel Intergubernamental de Cambio Climático (PICC) cuenta con un proceso de documentación y preparación de datos rígido y exhaustivo, que permite contar con un estándar por categoría que hace viable la comparación entre inventarios, ya sea por categoría o por sector. Se decidió utilizar los valores por defecto, como sugerencia de las buenas prácticas a desarrollar en el inventario por el PICC, aunque se espera que en los próximos esfuerzos sea posible tener valores locales que ayuden a reducir la incertidumbre en las estimaciones.

Debido a la calidad y tipo de datos, el nivel con que se hace la estimación es referido al Tier 1 del PICC, que corresponde al primer nivel de cálculo con valores por preestablecidos o estándar. De acuerdo con el PICC 1996 la metodología para estimar las emisiones de gases de efecto invernadero puede dividirse en tres niveles de acuerdo con el detalle de datos con que utilicen. El procedimiento para contribuir a las buenas prácticas, plan de calidad, se desarrolló cubriendo los siguientes puntos:

- Selección de fuentes de información
- Compilación de datos
 - Recolección
 - Captura
 - Registro
- Homologación de datos a la metodología PICC
- Aplicación de metodología
 - Captura
 - Estimaciones
- Presentación de resultados
 - Citas y referencias
- Manejo de documentos maestros

2. RESUMEN DE LA METODOLOGÍA PARA ESTIMAR EMISIONES

La metodología es la descrita en las directrices del PICC para los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero, versión revisada de 1996, que se complementa con la Guía para Buenas Prácticas y Manejo de Incertidumbres en los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero, con la Guía sobre Prácticas Óptimas para el uso de la tierra, Cambio en el Uso de la Tierra y Silvicultura, y el Programa de Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero del IPCC del 2003.

Las directrices del IPCC consisten en tres volúmenes:

- Instrucciones para la presentación de informes del Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (Volumen 1).
- Libro de Trabajo del Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (Volumen 2). (IPCC 1996a). Contiene factores de emisión y datos de actividad estándar.
- Manual de Referencia del Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (Volumen 3). (IPCC 1996b).

Estos volúmenes presentan las metodologías sugeridas para la estimación de los contaminantes atmosféricos como el dióxido de carbono, metano, óxido nitroso, monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, compuestos orgánicos volátiles diferentes del metano, halocarbonos, hexafluoruro de azufre y dióxido de azufre, provenientes de actividades y sectores como la producción de energía, procesos industriales, solventes y otros productos, agricultura, cambio en el uso de la tierra y silvicultura, y manejo de desechos.

El modelo básico para estimar las emisiones atmosféricas se basa en la ecuación siguiente:

$$E = A * FE \text{ (Ec. 1)}$$

Donde:

A = Cantidad de actividad de una fuente en cuestión

FE = Factor de emisión típico de dicha actividad (generalmente se expresan como peso del contaminante entre la unidad de peso, volumen, distancia o duración de la actividad asociada)

E = Emisión atmosférica

Los factores de emisión por defecto han sido desarrollados por el IPCC basados en las fuentes como la EPA (Environmental Protection Agency) entre otras.

3. INFORMACIÓN RELEVANTE POR SECTOR

3.1) Generación de energía eléctrica

En el balance nacional de energía 2005 se afirma que la región sur sureste de México concentra la mayor parte de energía primaria (90.5%), mientras que en los procesos de transformación le corresponde el 61%. Veracruz contribuye con cerca del 20% de la generación nacional de energía eléctrica, principalmente a partir de combustibles fósiles. La metodología aplicada para la estimación de las emisiones de GEI provenientes del consumo de combustibles fósiles para la generación de electricidad en Veracruz se basó en la metodología descrita en el libro de trabajo, capítulos 1 y 4 de las directrices del PICC (IPCC 1996a).

En 2001 México generó aproximadamente 167 TWh de electricidad a partir de una base de capacidad instalada de 38.5 GW. En Veracruz, a semejanza de muchas regiones y países en desarrollo, la mayoría de la capacidad instalada de generación se basa en combustibles fósiles. Sin embargo, el perfil de generación de electricidad de Veracruz difiere significativamente del de México (país). En Veracruz cerca del 69% de la generación bruta es producto de las plantas termoeléctricas, mientras que la central nuclear de Laguna Verde genera alrededor del 30%, dejando un 1% para las hidroeléctricas. El combustóleo predomina como combustible en la generación total, lo cual incide en las emisiones del sector de generación de electricidad en la entidad veracruzana.

El uso de combustóleo como base principal en la generación de energía eléctrica empieza a ser sustituido por gas, ya que en los últimos cuatro años el crecimiento en el uso de gas natural así lo demuestra (figura 2), empezando a mantener constantes las emisiones de CO₂ (figura 1); pero a pesar de ello, las emisiones en el sector eléctrico por su uso se han incrementado casi en un 500% de 1990 a 2004, mientras que las de gas natural en un 200% de 2001 a 2004.

Las fuentes de información necesarias para este sector fueron los informes de operación de la CFE para los años 2000 al 2004 (CFE 2000, CFE 2001, CFE 2002, CFE 2003, CFE 2004a), el balance nacional de energía (SENER 2004 y 2005) y las directrices del PICC para los inventarios nacionales. El consumo de energía en generación de electricidad en Veracruz se muestra en la figura 1.

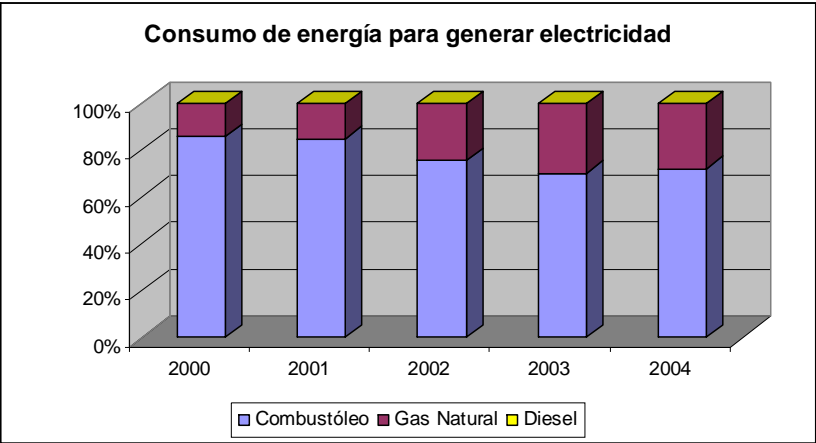


Figura 1. Evolución del consumo de combustible para la generación de electricidad en Veracruz como porcentaje.

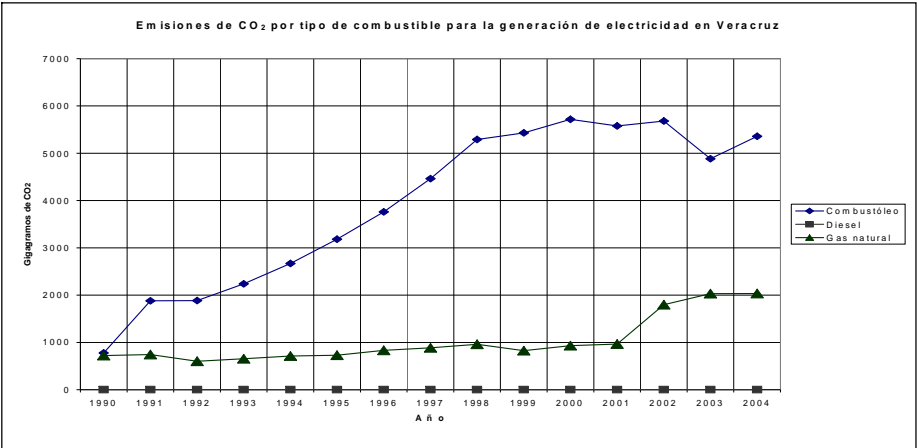


Figura 2. Emisiones de CO₂ por tipo de combustible para generación de energía eléctrica.

3.2) Sector petrolero de Veracruz

Para Veracruz las emisiones están relacionadas específicamente con la producción de petróleo y gas natural, almacenamiento y refinación del petróleo crudo y actividades relacionadas al proceso, transporte y distribución del gas natural.

México como país no cuenta con factores de emisión propios; en virtud de ello se utilizaron los medios de los rangos para otros países exportadores incluidos en el manual de referencia del PICC. Desagregar la información de PEMEX para Veracruz supuso un reto extra en la recolección de datos. En Veracruz se desarrolla la industria petrolera en diversos ámbitos, pero sólo fue posible conseguir la información de petróleo producido, refinado y gas producido.

Estos datos fueron obtenidos de los informes estadísticos de labores de PEMEX, de los años 2002 y 2004 (PEMEX 2002 y PEMEX 2004), así como la base de datos del sistema de información energética de la Secretaría de Energía (SIE 2006).

3.3) Sector agropecuario

Veracruz está fuertemente ligado al sector primario, agricultura y ganadería. Del total de superficie cosechada en el ciclo agrícola de 2000 el 92% fue de temporal. Los principales productos que se cosecharon en este tipo de superficie fueron en orden de importancia: maíz, caña de azúcar y frijol, que en conjunto representaron el 88% del total producido. En los cultivos donde mayor participación tiene el estado de Veracruz en cuanto al valor de la producción agrícola, en orden de importancia, fueron: arroz, papaya, mango y piña.

La diversidad de climas, niveles de precipitación pluvial y vegetación del estado de Veracruz permiten el desarrollo de distintas especies ganaderas. La ganadería es una de las actividades con mayor aportación al producto interno bruto agropecuario. Por su importancia económica, los bovinos son la especie principal. Para el año 2000 representaba el 14% del total del país. El ganado porcino registró en 2000 un millón doscientos sesenta y un mil cabezas, participando con el 8% del total nacional (Cuarto Informe de Gobierno, 2002).

Los datos para estimar las emisiones presentan diferencias en función de la fuente de que se trate (SIACON, INEGI, SEDARPA). Las fuentes de información consultadas para la estimación de las emisiones de metano del sector ganadero de Veracruz fueron SIACON (2005), los Anuarios Estadísticos del Estado de Veracruz (2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005) y las directrices del PICC. Se obtuvieron los datos sobre el número de cabezas de ganado, para cada especie que se domestica en el estado al año. El tipo de ganado al que se estimaron las emisiones fueron bovino (lechero y no lechero), porcino, ovino, caprino, equino y aves, aplicando las directrices del PICC.

4. RESULTADOS

Las emisiones de GEI provenientes del sector eléctrico, petrolero y agropecuario del estado de Veracruz, en conjunto reflejan una tasa de crecimiento media anual (3.4 %) mayor a la global (1.7%). Es decir, el ritmo de cambio en el crecimiento de las emisiones de GEI de estos tres sectores para el periodo 2000 -2004, es dos veces mayor que el ritmo de cambio en el crecimiento de las GEI, para los mismos sectores y periodo a nivel global.

Las emisiones de GEI de los sectores eléctrico, ganadero y agropecuario del estado de Veracruz han tenido un crecimiento total para el periodo 2000-2004 de 13.3%. De estos tres sectores de Veracruz, el sector que más aportó a las emisiones de GEI fue el sector eléctrico, seguido del agropecuario y por último el sector petrolero.

	AÑO				
(Mt de CO ₂ equivalente)	2000	2001	2002	2003	2004
Emisiones de GEI totales del sector eléctrico	12.8470	12.6183	14.0661	12.8194	13.7729
Emisiones de GEI totales del sector petrolero	2.1856	2.0371	2.1813	2.6647	3.7683

Emisiones de GEI totales del sector agropecuario	5.1224	5.2153	5.2602	5.1840	5.2956
Emisiones totales (Mt de CO₂ equivalente)	20.1550	19.8709	21.5077	20.6682	22.8370

Tabla 1. EMISIONES DE GEI TOTALES, EN EQUIVALENTES DE CO₂, PROVENIENTES DE LOS TRES SECTORES DE ESTUDIO.

Del total de las emisiones de GEI provenientes de los tres sectores de estudio en conjunto, el CO₂ es el que mayor contribuye a estas emisiones, seguido del CH₄ y por último con una contribución mínima el NO₂. La contribución del CO₂ varía a lo largo del periodo entre 60.2 % y el 65.3 %, siendo su mayor contribución en el año 2003. La contribución de CH₄ varía a lo largo del periodo entre 34.6 % y 39.7%, siendo su mayor participación en el año 2004. El NO₂ se mantiene aproximadamente en un 0.1% a lo largo del periodo.

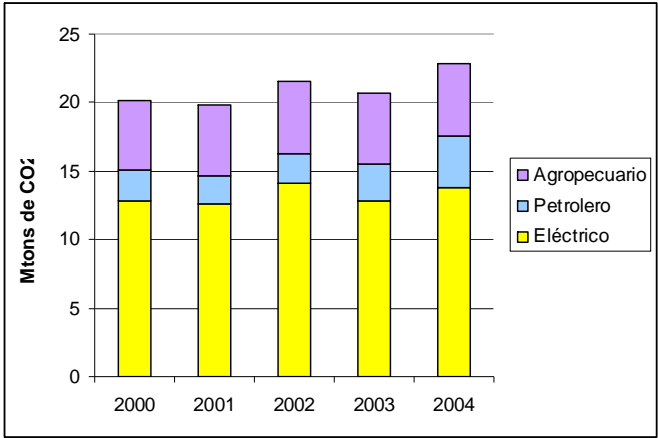


Figura 3. Contribución por categoría de emisión para el periodo 2000-2004.

5. ESCENARIOS BaU

Los escenarios de futuro son una herramienta que muestra de forma estructurada el comportamiento de un fenómeno en una escala temporal larga. Su valor de uso real no radica en su capacidad de poder predecir el futuro, sino en su capacidad de poder proporcionarnos una visión del presente. En este caso definiremos escenario como la caracterización dinámica de los consumos energéticos para el periodo los 20’s y 50’s.

Entre los objetivos de las series temporales esta la predicción, que es la estimación de valores futuros de la variable en función del comportamiento de la serie en el pasado; también puede ser aplicado en sentido inverso para construir series temporales más largas, bajo la premisa de que el comportamiento anterior es similar al de la serie con que se dispone. Otro es el control de procesos, que intenta seguir la evolución de una variable para de alguna manera incidir en

su resultado, y finalmente la simulación, poder aproximarse a un conjunto de posibles resultados a partir de modificar condiciones de la variable.

El modelo empleado para la construcción de escenarios BaU es simple, acentuando la afirmación de que la metodología no incorpora elementos que incrementen la complejidad en su desarrollo. Se basa en la ecuación que define la tasa de crecimiento anual empleada por el INEGI en la generación de escenarios.

$$r = \bar{r} \times m$$

$$X_1 = X_0 \left[\frac{r}{100} + 1 \right]$$

Ecuación 1

Donde:

r es la tasa de crecimiento;

\bar{r} es la tasa promedio para el periodo de datos;

m es un multiplicador que nos ayudará a definir los escenarios, su valor en los BaUs es igual a uno;

X_0 es el dato en el año inicial;

X_1 es el dato en el año siguiente;

Para la realización del escenario BaU, se tomaron los datos publicados por la Comisión Federal de Electricidad (CFE) de donde se obtuvo el número de usuarios de energía eléctrica y el consumo medio de Kwh por usuario para cada año correspondiente al periodo 1990 – 2006 para el sector doméstico, de la mediana industria y de la gran industria. Se tomaron los datos publicados en el Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero 2002, para cada año correspondiente al periodo 1990-2004 y se analizaron datos de vivienda y ocupantes de INEGI para los años de 2000 a 2004.

Se normalizaron los datos y se presenta el incremento de emisiones bajo patrones de consumo energéticos a tasa de crecimiento constante, no diferenciando el tipo de energía primaria y tampoco la capacidad instalada.

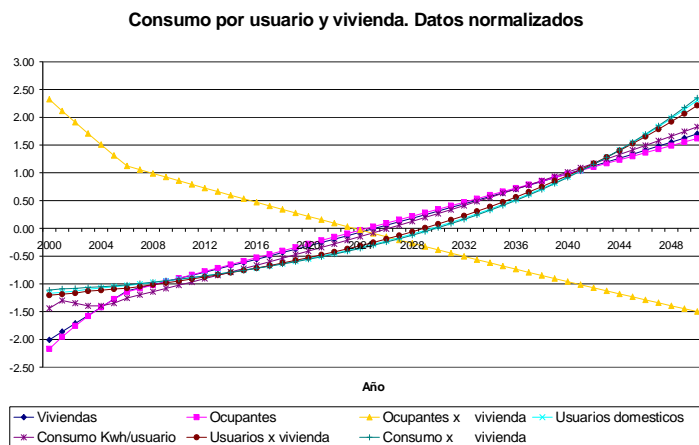


Figura 4. Incremento de emisiones de CO₂ para el periodo 2000-2050 escenario BaU.

Como resultado de este ejercicio, las emisiones de CO₂ para el sector eléctrico doméstico sugieren que para el año 2050 las emisiones se duplicarán a pesar de una disminución en el número de ocupantes por vivienda, y como consecuencia de continuar con patrones de consumo de alta demanda de electricidad.

BIBLIOGRAFÍA

- Anuario Estadístico del Estado de Veracruz (2001-2005). Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Aguascalientes: INEGI. 2005.
- CFE (2004a). Comisión Federal de Electricidad. *Informe de Operación 2004*. Subdirección de Distribución, Unidad de Control, Supervisión y Gestión. Talleres Gráficos de Comisión Federal de Electricidad.
- Cuarto Informe de Gobierno (2002). Lic. Miguel Alemán Velasco. Gobierno del Estado de Veracruz-Llave 2001-2002. Xalapa: Editora de Gobierno. 2002.
- Giddings, L. et al. (1998) ¿Qué tan conservado esta Veracruz?. *Ciencia y Desarrollo*, 1998, Vol. XXIV. Num. 142, p. 68 -71.
- INEGI (2001). *Sistema de Cuentas Nacionales. Producto Interior Bruto por Entidad Federativa 1993-2000*. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Aguascalientes: INEGI. 2001.
- INEGI (2002). Veracruz de Ignacio de la Llave. Condensado Estatal de Información Geográfica. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Datos Generales URL<<http://www.inegi.gob.mx/geo/default.asp?c=124&e=30>> [Consulta 10/10/2002].
- INEGI (2002a). Instituto Nacional de Ecología. Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero 1990-2002. Fuentes fijas y de área. [Consulta 9 mayo 2006]. Disponible en: < <http://www.ine.gob.mx/dgicurg/cclimatico/inventario3.html>>.
- INEGI (2002b). Instituto Nacional de Ecología. Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero 1990-2002. Emisiones Fugitivas. [Consulta 9 mayo 2006]. Disponible en: < <http://www.ine.gob.mx/dgicurg/cclimatico/inventario3.html>>.
- IPCC (1996). *Directrices del IPCC para los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero*, versión revisada de 1996 Disponible en :< <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/invs1.htm>>.
- IPCC (1996a). *Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories; Workbook (Volume 2)*. Disponible en :< <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/spanish.htm>>
- IPCC (1996b). *Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories; Reference Manual (Volume 3)*. Disponible en:< <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/invs6.htm>>
- PEMEX (2004). Petróleos mexicanos. Informe estadístico de labores 2004. [Consulta 15 abril 2006]. Disponible en < <http://www.pemex.com/index.cfm?action=content§ionID=1&catID=237&subcatID=650>>.
- SAGARPA (2005). Gobierno del estado de Veracruz. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera. Mayo 2005, URL <http://www.siap.sagarpa.gob.mx/ar_compec_pobgan.html> [Consulta 11/05/2006].

- SAGARPA (2006a). Secretaría de agricultura, ganadería, desarrollo rural, pesca y alimentación. Sección Ganadería. [Consulta: 7 mayo 2006]. Disponible en:< <http://www.sagarpa.gob.mx/DesktopServlet>>.
- SAGARPA (2006b). Secretaría de agricultura, ganadería, desarrollo rural, pesca y alimentación. Sección Agricultura:Estadísticas. [Consulta: 7 mayo 2006]. Disponible en:< <http://www.sagarpa.gob.mx/DesktopServlet>>.
- SEMARNAT (2002). *Informe de la situación del medio ambiente en México, 2002, compendio de estadísticas ambientales*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México: SEMARNAT, 2002.
- SEMARNAT/INE (2006; SECRETARÍA DEL MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES/INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGÍA). *México Tercera Comunicación nacional ante la convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.*, México, DF, 210 p.
- SENER (2004). Secretaría de Energía. *Balance Nacional de Energía 2004*. 1ª ed. México: Secretaría de Energía, 2005. ISBN 968 874 -168 XIII.
- SIACON (2005). Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). Sistema de Información Agropecuaria de Consulta (SIACON). Secretaría de agricultura, ganadería, desarrollo rural, pesca y alimentación (SAGARPA). Fecha de Actualización: 27/Julio/2005. [Consulta: 29 mayo 2006]. Disponible en: <<http://www.siap.sagarpa.gob.mx/sistemas/siacon/SIACON.html>>
- SIE (2006). Secretaría de Energía. Sistema de información energética (SIE). [Consulta: 15 abril 2006]. Disponible en:<<http://sie.energia.gob.mx/sie/bdiController?action=login>>
- US EPA's Compilation of Air Pollutant Emissions Factors (AP-42), 4th Edition 1985, (US EPA, 1985a and 1985b), 5th Edition 1995 (US EPA, 1995) and Supplement F, (US EPA, 1993b)